

**LAND GRADING DENGAN METODE PLANE OF BEST FIT  
UNTUK PENCETAKAN SAWAH BARU**  
**(LAND GRADING USING PLANE OF BEST FIT METHOD  
FOR THE NEW COMPLETED IRRIGATION)**

Oleh :

**Damar Susilowati<sup>\*)</sup>, Subari<sup>\*)</sup>, dan Muhammad Muqorrobin<sup>\*\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Peneliti Bidang Irigasi, Balai Irigasi, Puslitbang SDA Bandung,

<sup>\*\*)</sup> Perekayasa, Balai Irigasi, Puslitbang SDA Bandung,

Komunikasi penulis, email : damarsusilowaty@yahoo.com

Naskah ini diterima pada 12 Desember 2011; revisi pada 24 Januari 2012;  
disetujui untuk dipublikasikan pada 28 Maret 2012

**ABSTRACT**

*To optimize the volume of cut and fills need to carry out Land Grading for new completed irrigation, therefore this report will discuss land grading for surface irrigation and its benefits and reasons for carrying this out. This report examines Land Grading using Plane of Best Fit method that have been used, with its advantages and disadvantages. Most of the advanced country conducted Land Consolidation for the new completed irrigation project. From the research result (Damar S., 1987) shows that Plane of Average Profile Method suitable for the area that have been consolidated, while Least Square Method can be used for any shape area. This report also covers some important factors that can seriously affect the costs of land grading such as suitability of site. This report discusses land grading by Plane of Best Fit Method using computer programs that is developed from Plane Method, because it is the fastest and most accurate results that can be achieved.*

*Keyword : land grading, surface irrigation, optimizing cuts and fills, plane of best fit method*

**ABSTRAK**

Dalam rangka optimasi biaya pelaksanaan galian dan timbunan pada saat pencetakan sawah baru, pelaksanaan land grading sangat diperlukan. Oleh karenanya pada makalah ini akan dibahas tentang Land Grading untuk irigasi permukaan, serta alasan dan keuntungannya jika melaksanakan Land Grading pada pencetakan sawah baru. Ada beberapa metode land grading yang telah digunakan, namun pada makalah ini hanya membahas land grading dengan metode Plane of Best Fit yang merupakan pengembangan dari metode Least Square. Pada negara maju, juga dilakukan Land Consolidation pada saat pencetakan sawah baru. Dari hasil kajian (Damar S., 1987), menunjukkan bahwa metode Average Profile sesuai untuk lahan yang berbentuk persegi misalnya yang telah dilakukan Land Consolidation, sedangkan metode Least Square sesuai untuk lahan dengan bentuk tidak teratur. Pada makalah ini akan dibahas tentang beberapa faktor yang secara serius dapat mempengaruhi biaya pelaksanaan, seperti kemiringan permukaan tanah yang akan mempengaruhi besarnya volume galian dan timbunan, serta jenis dan luas areal tanah yang akan dilakukan uji coba. Berdasarkan hasil dari berbagai percobaan, Land grading dengan metode Plane of Best Fit memberikan hasil yang paling akurat dan cepat.

Kata kunci : **land grading, irigasi permukaan, optimasi galian dan timbunan,  
metode plane of best fit**

## I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Land Grading merupakan istilah teknik yang meliputi kegiatan optimasi galian dan timbunan diatas permukaan sawah baru untuk keperluan drainase, mempermudah gerakan peralatan mekanis, serta meningkatkan efisiensi irigasi (penguapan pada permukaan tanah yang rata lebih kecil dari penguapan diatas permukaan tanah yang bergelombang). Pada percobaan Land Grading, perlu digunakan peta kontur permukaan tanah yang akan dilakukan uji coba. Permukaan tanah diratakan dengan kemiringan tertentu untuk keperluan drainase agar tidak terjadi genangan. Hal ini dapat dilaksanakan dengan menentukan kemiringan permukaan tanah yang terbaik agar menghasilkan galian dan timbunan yang optimum tanpa mempengaruhi hasil produksi. Misal untuk tanah clay loam, rasio galian terhadap timbunan berkisar antara 1,2 - 1,3 untuk menghasilkan galian dan timbunan yang optimum (lihat tabel 1).

Percobaan ini dilakukan di Institute of Irrigation Studies Universitas Southampton, diatas sebidang tanah seluas 39.375 m<sup>2</sup>. Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh rasio *cut/fill* atau perbandingan antara galian dan timbunan adalah  $R = 1,12269487$ . Berhubung tanahnya lempung (clay), maka sesuai Tabel 1, maka  $R$  diganti = 1,3, sehingga diperoleh volume galian 179845,138 m<sup>3</sup> dan volume timbunan 138366,728 m<sup>3</sup>, dengan kemiringan tanah searah sumbu x adalah - 6,9148, dan kemiringan tanah searah sumbu y adalah 0.

### I.2 Tujuan

Tujuan dilakukannya land grading adalah untuk mendapatkan kemiringan permukaan tanah yang optimum agar diperoleh sistem drainase yang baik melalui kegiatan galian dan timbunan yang optimum, sehingga menghasilkan volume galian dan timbunan yang paling ekonomis yaitu apabila *cut/fill ratio* mengikuti Tabel 1.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Land grading untuk Irigasi Permukaan

Land grading untuk irigasi permukaan adalah suatu kegiatan meratakan topografi permukaan tanah agar menjadi miring sesuai kemiringan yang diinginkan untuk keperluan drainase,

dengan cara memindahkan tanah secara menggali dan menimbun.

Setiap sistem irigasi memerlukan kemiringan tanah tertentu berdasarkan kebutuhan dan sifat tanahnya. Kemiringan tanah yang sesuai untuk "border strip irrigation" adalah 0,2 - 0,4%, sedangkan untuk "furrow irrigation (sistem alur)" adalah 0,5 - 3%. Ada variasi lain, namun harus hati-hati terhadap kemungkinan erosi akibat kemiringan yang terlalu tajam.

### Kriteria dalam pemilihan metode Land Grading

Dalam pemilihan metode land grading, beberapa faktor berikut perlu diperhatikan:

1. Suplai dan kualitas air
2. Kecepatan pancaran (flow rate), schedule dan pemberian air
3. Kebutuhan dan kesiapan tenaga kerja
4. Kebutuhan biaya dan kesiapan energy
5. Biaya untuk sistem instalasi, operasi dan pemeliharaan
6. Kesiapan alat pertanian, dan
7. Keinginan petani

Pengangkutan tanah bekas galian dengan jarak yang jauh memerlukan biaya yang sangat mahal. Oleh karenanya, sebelum melaksanakan pekerjaan land grading, perlu mempelajari terlebih dahulu: (1) kecocokan lokasi, dan (2) metode irigasi.

### 2.2. Penyelidikan Lapangan

Ada 3 faktor penting yang perlu dipertimbangkan pada waktu memilih lokasi yang paling tepat untuk irigasi permukaan sebelum melakukan land grading.

#### Faktor yang pertama adalah profil tanahnya.

Land grading tidak disarankan untuk kondisi tanah yang memerlukan pemberian air dengan kecepatan yang tinggi, oleh karena akan mengakibatkan banyak air yang terbuang. Land grading juga tidak disarankan untuk tanah yang rendah, kecuali untuk tanaman yang bernilai jual tinggi sehingga dapat memenuhi biaya operasi.

**Faktor kedua adalah topografi.** Jika volume tanah yang harus dibuang > 250 m<sup>3</sup> per hektar, tidak disarankan untuk dilakukan land grading. Pada tanah seperti ini sebaiknya digunakan sistem irigasi perpipaan (misal: *sprinkler*).

**Faktor ketiga adalah jumlah air yang cukup untuk keperluan sistem irigasi permukaan.**

Jika tidak, sebaiknya tidak perlu dilakukan land grading, cukup digunakan sistem irigasi perpipaan.

### III. METODOLOGI

Beberapa keuntungan jika dilakukan Land Grading sebelum pencetakan sawah baru, diantaranya:

- 1). Land grading dapat membentuk drainase permukaan yang optimum karena arah dan besarnya kemiringan permukaan tanah dapat ditentukan sesuai keinginan perencana.
- 2). Tanpa land grading kemiringan tanah tidak dapat seragam yaitu daerah yang rendah akan menerima kelebihan air, sedangkan daerah yang tinggi tidak bisa mendapatkan air.
- 3). Dengan adanya land grading, secara praktis semua presipitasi (curah hujan) dapat ditahan oleh kemiringan tanah yang optimum, yang berarti meningkatkan efisiensi air maupun uang per hektar setiap tahunnya.
- 4). Melalui pengelolaan yang baik, kehilangan air akibat penguapan, rembesan dan pengaliran air kearah yang tidak semestinya dapat dicegah.
- 5). Jika kemiringan tanah hasil Land Grading telah sesuai dengan yang diinginkan, tidak ada lagi erosi.

Dalam perencanaan land grading, yang dimaksud dengan optimasi pekerjaan galian dan timbunan adalah meminimalkan galian dan timbunan. Biaya grading tidak dapat dioptimumkan karena tergantung pada sistem layout, tingkat efisiensi irigasi, kebutuhan tenaga kerja, biaya operasi, kemampuan pemeliharaan, dan pertanian. Biaya land grading secara langsung berkaitan dengan volume tanah yang harus dipindahkan yaitu dengan volume yang sekecil mungkin agar diperoleh biaya yang minimum.

**Ada beberapa metode Land Grading, yaitu:**

- 1) Plane atau series of planes, terdiri dari 3 metode, yaitu:
  - a. Least squares method
  - b. Fixed volume center method
  - c. Average profile method
- 2) Plane of best fit method

- 3) Computation of cut and fill adjustments
- 4) Warped surface method
- 5) Earthwork calculation
- 6) Contour bench levelling

Pada makalah ini hanya dibahas tentang land grading dengan menggunakan Plane of Best Fit Method yang merupakan pengembangan dari Plane Method. Perhitungan dapat dilakukan dengan kalkulator atau program komputer. Pada percobaan ini perhitungan dilakukan melalui komputer.

#### 1) Metode Calculator

Metode ini merupakan analisa regresi dua arah, yaitu berupa baris dan kolom. Ini dikembangkan dari metode "*plane atau series of planes*" dengan penyesuaian secara berurutan untuk berbagai variabel galian dan timbunan yang dapat disajikan dengan program calculator tangan jika program analisa regresinya tersedia.

Ada 4 tahap perhitungan galian dan timbunan minimum yang akan berpengaruh terhadap angkutan tanah yang minimum, sehingga biaya pelaksanaan land grading dapat minimum.

Tahap 1 : Tentukan elevasi rata-rata setiap baris dan kolom.

Tahap 2 : Tentukan lokasi dan elevasi titik tengah grid point (centroid).

Tahap 3 : Tentukan kemiringan permukaan tanah yang mendekati paling baik terhadap rata-rata profil pada koordinat dua arah (x dan y).

Tahap 4 : Tentukan elevasi dari titik-titik elevasi (grid point) yang baru, setelah permukaan tanah dilakukan grading dengan kemiringan yang optimum searah koordinat x dan y.

#### 2) Metode Komputer

Optimasi galian dan timbunan sangat sesuai menggunakan komputer karena pengulangan perhitungan akan mudah dilakukan jika terjadi perubahan data. Metode Plane Best Fit Slope menggunakan komputer dapat digunakan sebagai cara yang terbaik dalam memecahkan masalah. Oleh karena pemecahan masalah dalam metode ini yang terutama adalah dengan menggunakan matematika.

Program yang sederhana dapat dikembangkan berdasarkan optimasi dengan metode calculator Plane of Best Fit melalui dua tahap, yaitu :

1. Menentukan kemiringan permukaan tanah untuk sawah beririgasi, sebagai berikut:
  - a) Dengan menggunakan metode Least Squares, hitung kemiringan setiap baris titik-titik elevasi (stakes)
  - b) Hitung weighted factor berdasarkan jumlah stakes pada setiap baris terkait.
  - c) Menentukan titik centroid

Untuk mendapatkan pekerjaan galian dan timbunan yang optimum, ada dua prosedur yang diperhatikan, sebagai berikut:

- (1) Setelah menghitung kemiringan metode Plane of Least Square, galian/timbunan minimum bisa diperoleh dengan cara coba-coba dengan menambah dan mengurangi kemiringan.

- (2) Kemiringan yang terbaik bisa diperoleh dengan cara mengeset kemiringan minimum dan maksimum yang diijinkan dan mencari alternatif diantara keduanya sampai diperoleh pekerjaan galian/timbunan yang minimum.

(3) Optimasi galian dan timbunan

Dalam pekerjaan land grading, pekerjaan galian dan timbunan tanah harus seimbang, yaitu volume tanah yang digali harus sama dengan yang untuk timbunan untuk menghindari pengangkutan tanah dari luar atau tanah bekas galian yang harus dibuang pada jarak yang jauh. Berdasarkan pengalaman, volume galian harus lebih besar dari volume timbunan dengan prosentase maksimum tertentu. Perbandingan galian terhadap timbunan (cut-fill ratio R), yaitu volume galian dibagi dengan volume timbunan berkisar antara 1,2 s/d 1,5 tergantung sifat fisiknya, kondisi lapangan maupun peralatan yang digunakan.

**Tabel 1** Cut Fill Ratio untuk berbagai macam tanah

Tanah	Cut/Fill Ratio
Tanah organik	1,7 - 2,0
Tanah bertekstur halus (clay)	1,3 - 1,4
Tanah bertekstur sedang (clay loam)	1,2 - 1,3
Tanah bertekstur kasar (sand)	1,1 - 1,2

Sumber : Jensen (1980)

Sebagai contoh, jika diperlukan ratio Cut/Fill : 1,3

$$\frac{Cut}{Fill}$$

$$R = 1,3$$

Ini bisa diperoleh melalui prosedur coba-coba (trial and error) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta g = \frac{1+R}{2RN_t} (R\Sigma F - \Sigma C)$$

Keterangan :

$\Delta g$  = penambahan kemiringan baris jika masih terlalu rendah

R = ratio galian terhadap timbunan

Nt = jumlah titik elevasi (grade points atau stakes)

$\Sigma F$  = jumlah timbunan (fill) sebelum proses penyesuaian kemiringan tanah

$\Sigma C$  = jumlah galian (cut) sebelum proses penyesuaian kemiringan tanah.

Elevasi masing-masing titik elevasi yang masih asli akan berubah ke elevasi yang baru sebagai hasil proses "plane of best fit slope". Setelah permukaan medan telah disesuaikan melalui  $\Delta g$  untuk mendapatkan ratio cut/fill (R) yang diinginkan, akan diperoleh elevasi akhir optimasi galian dan timbunan dengan menggunakan komputer.

**Rumus-rumus yang digunakan dalam Metode "Plane of Best Fit"**

Metode ini menggunakan sistem grid (titik elevasi) yang seragam, yaitu dengan jarak terhadap titik elevasi yang lain serta luas yang sama.

Rumus :  $H(x, y) = Ax + By + Hc$

Keterangan :

$H(x, y)$  = elevasi koordinat x dan y, m

A dan B = koefisien regresi

$Hc$  = elevasi titik awal

Ada 4 tahap dalam mendapatkan A dan B. Langkah pertama adalah menentukan elevasi rata-rata setiap grid point (stake) searah baris dan kolom.

Rumus :  $\sigma_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_s}$

Keterangan :

$\sigma_{ij}$  = weighted factor masing-masing grade point yang ke i searah baris dan ke j searah kolom

$A_{ij}$  = luas masing-masing grid

$A_s$  = luas standar

grid = weighted factor (ratio luas masing-masing grid terhadap luas standar grid) masing-masing grade point yang ke i searah baris dan ke j searah kolom.

Rumus :  $H_i = \frac{\sum_{j=1}^{N^1} \sigma_{ij} H_{ij}}{\sum_{j=1}^{N^1} \sigma_{ij}}$

Keterangan :

$H_i$  = elevasi rata-rata grid searah baris yang ke i

$H_j$  = elevasi rata-rata grid searah kolom yang ke j

$H_{ij}$  = elevasi grid pada koordinat (i, j) yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan  $H(x, y)$ , m

$N^1$  = Jumlah kolom

$N^{11}$  = Jumlah baris

Langkah kedua adalah menentukan letak centroid pada sistem grid, dimana x dan y merupakan koordinat centroid yang ditentukan melalui rumus :

$$x = \frac{\sum_{j=1}^{N^1} \sigma_j X_j}{\sum_{j=1}^{N^1} \sigma_j}$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{N^{11}} \sigma_i X_i}{\sum_{i=1}^{N^{11}} \sigma_i}$$

Keterangan :

x = jarak x dari titik awal ke centroid, m

Y = Jarak y dari titik awal ke centroid, m

$x_i$  = jarak x dari titik awal ke stake yang ke j

$x_j$  = jarak y dari titik awal ke stake yang ke i

$\sigma_j$  = weighted factor total pada kolom yang ke j sebelum letak centroid diketahui

Langkah ketiga adalah menghitung kemiringan yang terbaik dalam arah baris dengan elevasi  $H_j$  sebagai A dan dalam arah kolom dengan elevasi  $H_i$  sebagai B dapat diperoleh dengan rumus :

$$A = \frac{\sum_{j=1}^{N^1} X_j H_j - \left( \sum_{j=1}^{N^1} X_j \right) \left( \sum_{j=1}^{N^1} H_j \right) / N^1}{\sum_{j=1}^{N^1} X_j^2 - \sum_{j=1}^{N^1} X_j^2 / N^1}$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{N^{11}} Y_i H_i - \left( \sum_{i=1}^{N^{11}} Y_i \right) \left( \sum_{i=1}^{N^{11}} H_i \right) / N^{11}}{\sum_{i=1}^{N^{11}} Y_i^2 - \sum_{i=1}^{N^{11}} Y_i^2 / N^{11}}$$

Langkah keempat adalah menentukan elevasi titik awal ( $H_c$ ) yang bisa dihitung dengan rumus :

$$H_c = H(x, y) - Ax - By \dots\dots\dots (1)$$

$$H(x, y) = H_c + Ax + By \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

$H(x, y)$  = Elevasi rata-rata semua titik atau elevasi centroid yang dapat dihitung dengan menjumlahkan  $\sum H_i$  atau  $\sum H_j$  dibagi dengan jumlah baris dan kolom (persamaan (1))

$H(x, y)$  = Elevasi yang baru dari koordinat x dan y, m (persamaan (2))

$H_c$  = Elevasi titik awal (origin)

Kedalaman galian (-) dan timbunan (+) dihitung berdasarkan perbedaan elevasi dari titik (grid) hasil pengukuran dan elevasi grid yang baru (setelah best fit slope) di kedua arah yang telah dianggap paling optimum.

Pada irigasi sistem border, kemiringan ke arah kolom (tegak lurus baris) adalah nol ( $A = 0$ )

Rumus perhitungan galian/timbunan :

$$VF = \sum_{n=1}^{NF} AnFn$$

Keterangan :

$V_c$  = volume galian,  $m^3$

$V_F$  = volume timbunan,  $m^3$

$C_m$  = kedalaman galian pada titik grid yang ke-m, m

$F_n$  = kedalam timbunan pada titik grid yang ke-n, m

$A_m$  = luas galian di titik grid yang ke-m,  $m^2$

$A_n$  = luas timbunan di titik grid yang ke-n,  $m^2$

Ratio galian-timbunan dapat dihitung dengan rumus :

$$R = V_c / V_F$$

R harus berkisar antara 1,1 s/d 1,5 tergantung dari jenis tanah dan keadaannya. Jika R berada di luar 1,1 - 1,5 harus dilakukan penyesuaian dengan menurunkan atau menaikkan kemiringan tanah.

Misal, rasio cut/fill yang diperlukan adalah 1,3 maka jika  $R < 1,3$ , maka kemiringan harus diturunkan sebesar :

$$\Delta = (R^1 VF - V_c) / \left( R^1 \sum_{n=1}^{NF} An + \sum_{m=1}^{NC} Am \right)$$

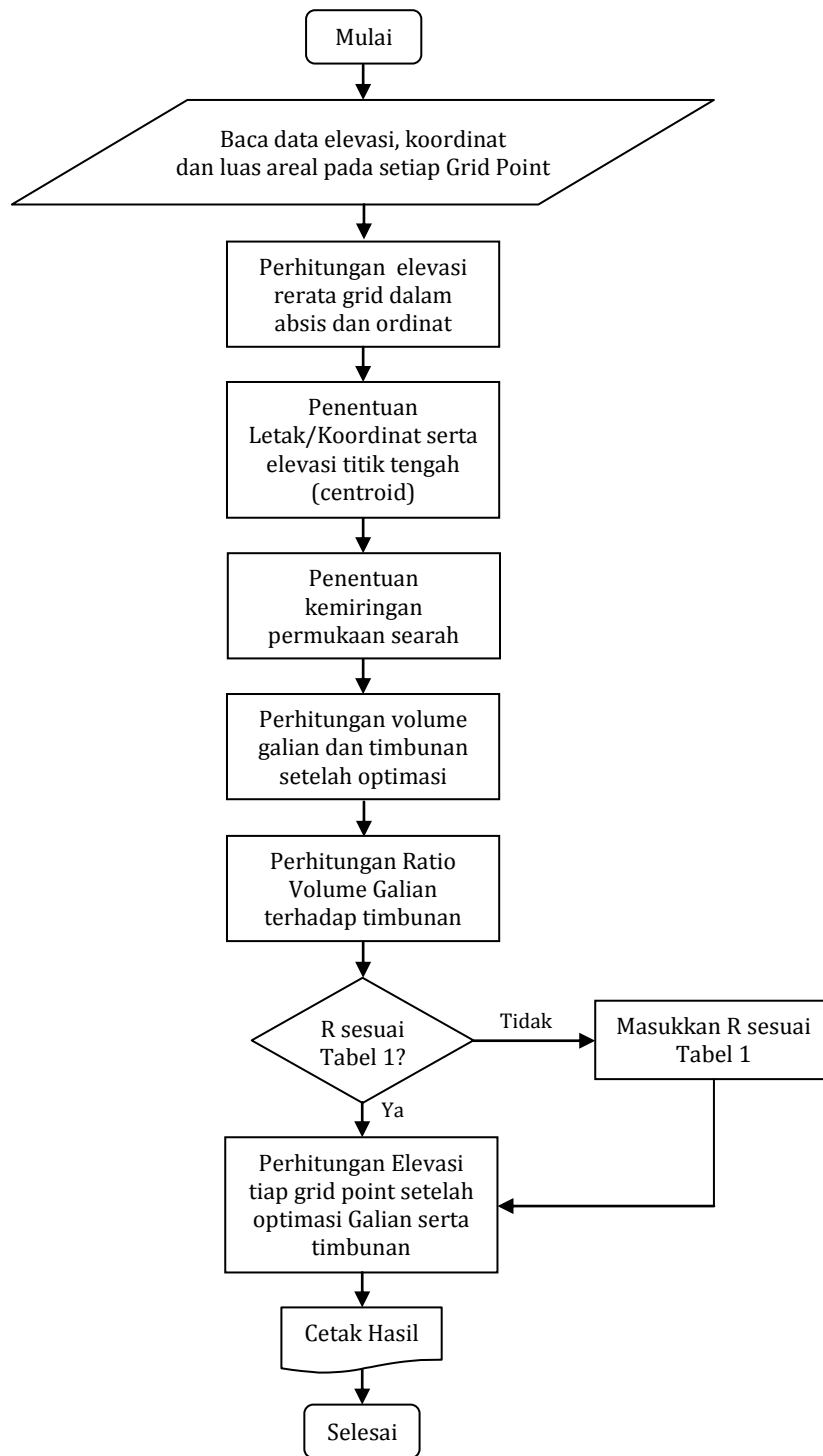
Jika  $R > 1,3$ , maka kemiringan harus dinaikkan sebesar :

$$\Delta = (V_c - R^1 VF) / \left( R^1 \sum_{n=1}^{NF} An + \sum_{m=1}^{NC} Am \right)$$

Keterangan :

$\Delta$  = Perubahan kemiringan

$R^1$  = Rasio galian/timbunan yang baru.

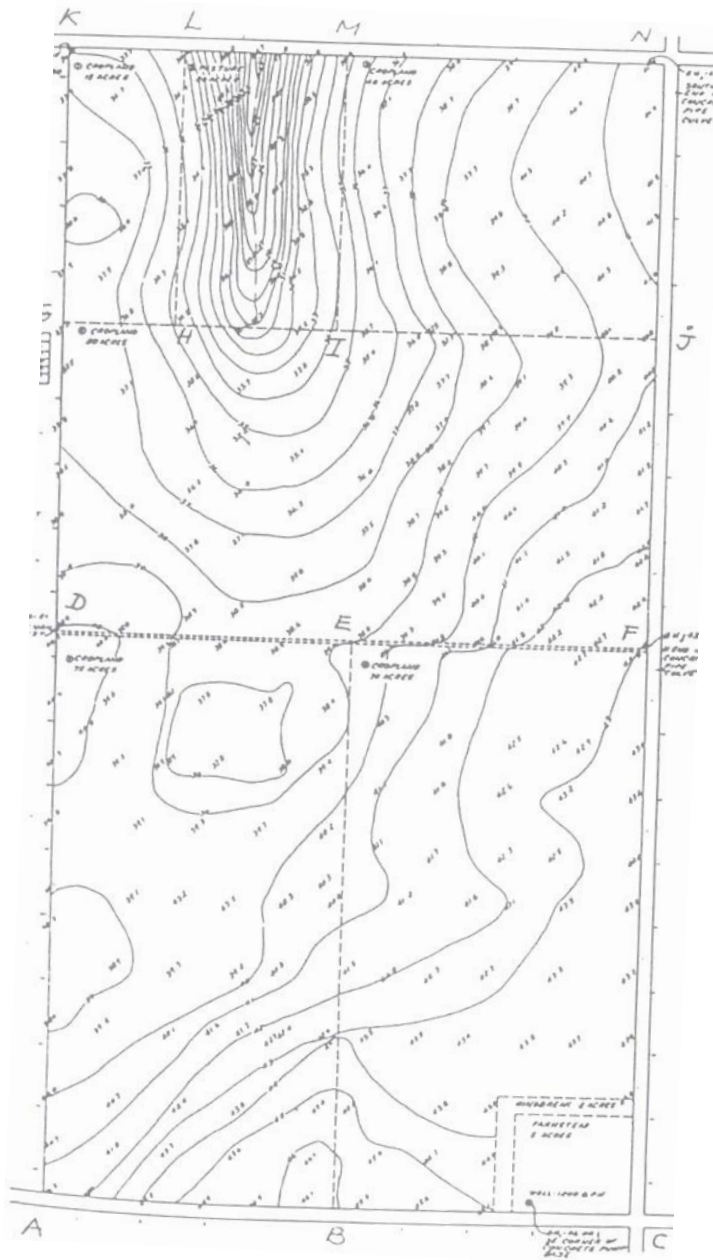


**Gambar 1** Bagan alir untuk pembuatan program komputer Optimasi Galian dan Timbunan dalam kegiatan Land Grading

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta kontur yang digunakan berupa peta kontur dari hasil Random Shot Survey di Southampton

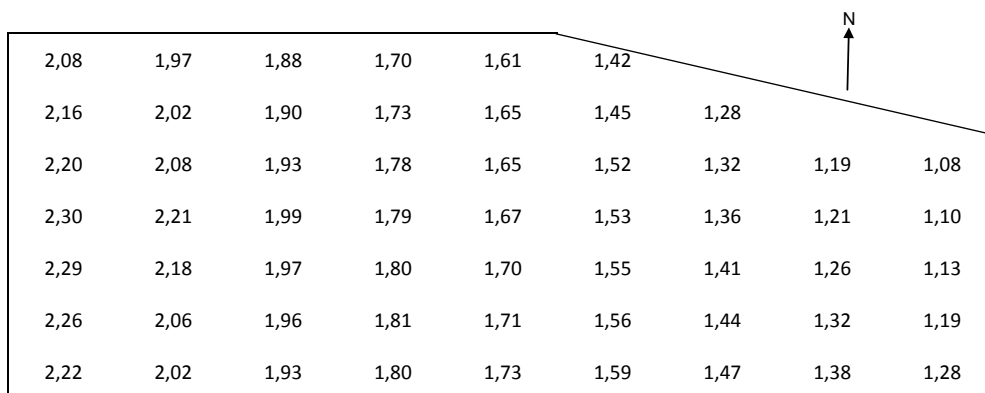
Inggris (Gambar 2.), dan yang digunakan adalah peta EFBC.



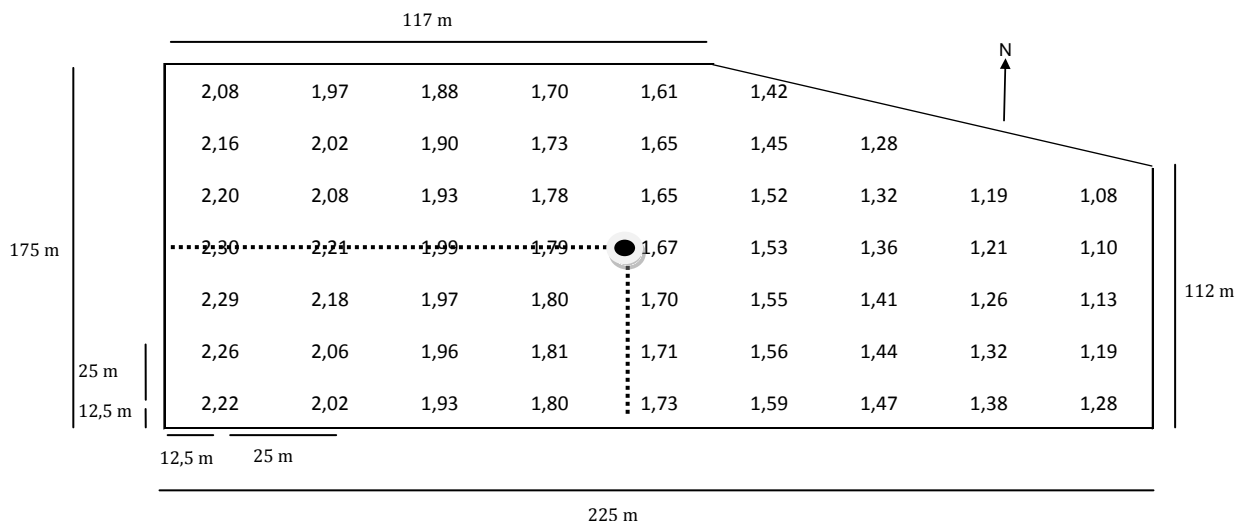
**Gambar 2** Peta Topografi yang dibuat berdasarkan random shot survey di Southampton, Inggris.

Berdasarkan peta kontur EFBC, dibuat titik2 elevasi dengan jarak sama dalam arah sumbu x dan sumbu y, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 4 dan Tabel 2 s/d Tabel 5 merupakan output hasil proses data melalui Software Land Grading. Gambar 4 merupakan letak centroid (titik pusat areal penelitian), Tabel 2 merupakan

luas areal setiap grid point untuk mendapatkan volume galian dan timbunan setelah diperoleh kedalaman galian maupun timbunan di setiap grid point. Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan absis dan ordinat setiap grid point, sedangkan Tabel 5 merupakan elevasi akhir setiap grid point setelah pelaksanaan optimasi galian dan timbunan.



**Gambar 3** Titik-titik elevasi (grid points) yang diambil dari peta tofografi EFBC (Gambar 2) dengan jarak yang sama searah sumbu x dan sumbu y



**Gambar 4** Letak Titik Centroid

**Tabel 2** Luas areal di setiap Grid Point

ROW	COLUM								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	625	625	625	625	625	625	625	625	625
B	625	625	625	625	625	625	625	625	625
C	625	625	625	625	625	625	625	625	625
D	625	625	625	625	625	625	625	625	625
E	625	625	625	625	625	625	625	625	468,75
F	625	625	625	625	625	625	1107,5	0	0
G	625	625	625	625	606,48	358,52	0	0	0

Dengan menggunakan software land grading, dari data absis dan ordinat masing-masing grid point terhadap titik centroid pada Tabel 3 dan Tabel 4

dapat diperoleh luas masing-masing grid point yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 3** Absis tiap grid point terhadap centroid

ROW	COLUM									AVERAGE DISTANCE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	1012,5
B	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	1012,5
C	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	1012,5
D	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	1012,5
E	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	1012,5
F	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	162,5			612,5
G	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5				450
AVERAGE	12,5	37,5	62,5	87,5	112,5	137,5	158,93	176,79	194,64	6125

**Tabel 4** Ordinat tiap grid point terhadap centroid

ROW	COLUM									AVERAGE DISTANCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
B	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
C	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
D	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5
E	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5
F	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5				131,94
G	162,5	162,5	162,5	162,5	162,5	162,5					148,61
TOTAL	612,5	612,5	612,5	612,5	612,5	612,5	450	312,5	312,5		4750

Setelah proses optimasi galian dan timbunan, dengan menggunakan software land grading dapat diketahui elevasi akhir setiap grid point.

Elevasi akhir setiap grid dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5** Elevasi akhir setiap grid point setelah optimasi galian dan timbunan

ROW	COLUM									TOTAL	AVERAGE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A	2,22	2,02	1,93	1,80	1,73	1,59	1,47	1,38	1,28	1,71	1,713
B	2,26	2,06	1,96	1,81	1,71	1,56	1,44	1,32	1,19	1,63	1,631
C	2,29	2,18	1,97	1,80	1,70	1,55	1,41	1,26	1,13	1,70	1,699
D	2,30	2,21	1,99	1,79	1,67	1,53	1,36	1,21	1,10	1,68	1,684
E	2,22	2,08	1,93	1,78	1,65	1,52	1,32	1,19	1,06	1,64	1,639
F	2,16	2,02	1,90	1,73	1,63	1,45	1,28			1,74	1,739
G	2,08	1,97	1,80	1,70	1,61	1,42				1,78	1,777
TOTAL	15,53	14,54	13,56	12,41	11,70	10,62	8,28	6,36	5,76	99,48	1,715
AVERAGE	2,291	2,077	1,937	1,773	1,671	1,517	1,38	1,272	1,152		

**Output komputer adalah sebagai berikut:**

Berdasarkan data awal pada gambar 3 yaitu letak dan elevasi tiap grid point, diperoleh koordinat centroid (x, y) sebesar (105.662066 m, 81.8711027 m)

Kemiringan tanah terbaik dalam arah sumbu -x =  $-5.35729347E^{-9}$

Kemiringan tanah terbaik dalam arah sumbu -y =  $2,7912515E^{-4}$

Elevasi permukaan tanah rata-rata = 1.70634611

Elevasi titik awal (origin) = 2.24955652

Volume galian =  $-95,974138 m^3$

Volume timbunan =  $1178,13871 m^3$

Ratio (R) galian terhadap timbunan = 0,845379358

Berdasarkan Tabel 1, seharusnya ratio untuk tanah organik 1,7 - 2, untuk tanah lempung 1,3 - 1,4 tanah lempung berpasir 1,2 - 1,3, sedangkan

untuk tanah berpasir adalah 1,1 - 1,2. Jika dimasukkan angka R = 1,3 (untuk tanah lempung berpasir) maka diperoleh:

Volume galian yang baru:  $-1259.66241 \text{ m}^3$

Volume timbunan yang baru:  $970.111603 \text{ m}^3$

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- 1) Land grading untuk irigasi permukaan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan pertanian tanpa mempengaruhi hasil produksi tanaman, oleh karena evaporasi di lahan yang rata lebih kecil dari evaporasi di lahan yang bergelombang dan tidak teratur.
- 2) Land Grading metode Plane of Best Fit dengan komputer yang merupakan pengembangan dari metode least square sangat cocok untuk bentuk permukaan tanah yang tidak teratur.
- 3) Optimasi biaya pelaksanaan galian dan timbunan dapat diperoleh melalui optimasi volume galian dan timbunan, yaitu volume galian harus lebih besar dari volume timbunan agar tidak perlu mendatangkan tanah dari luar untuk keperluan timbunan. Ratio galian terhadap timbunan harus mengikuti Tabel 1 untuk mendapatkan kemiringan tanah yang optimum.
- 4) Kemiringan tanah optimum sangat diperlukan agar air tidak mengalir kearah yang salah.

### Saran

- 1). Dalam mendesain land grading harus hati-hati dan teliti. Oleh karena jika desainnya salah, air akan mengalir ke arah yang salah dan mengakibatkan banjir di suatu tempat, sebaliknya terjadi kekeringan di tempat yang lain.

- 2). Agar efisiensi irigasi dapat lebih ditingkatkan, sebaiknya dilakukan land grading terlebih dahulu pada saat pencetakan sawah baru sebelum pengolahan tanah.

## DAFTAR- PUSTAKA

- Akindele, A.A. 2001. *Land Levelling for Surface Irrigation Methods*. Southampton. England.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi KP 01s/d KP 07*, Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Effendy Pasandaran. 2008. *IRIGASI MASA DEPAN*, Jakarta. Jakarta.
- Michael, A.M. 1998. *Land Grading and Field Layout, Irrigation Theory and Practice*. New Delhi. India.
- FAO. 2007. *Modernizing irrigation—the MASSCOTE approach*. FAO. Rome.
- Pemerintah RI. 2006. *Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi*. Jakarta.
- Pemerintah RI. 2004. *Undang-undang No. 7 tahun 2004, tentang Sumber Daya Air*. Jakarta.
- Sewell, J.I. 1970. *Land Grading for Improved Surface Drainage*. Trans. ASAE.
- Smerdon, E.T., Tefertiller, K.R., Kilmer, R.E. and Billingsley, R.V. 1996. *Electronic Computers for Least-Cost Land-Farming Calculations*. Trans. ASAE.
- Susilowati, D. 1988. *Land Grading Design for Surface Irrigation*, Dissertation, University of Southampton. England.
- Wit muss, H.D., 1998, *Topographic Modification of Land for Moisture Entrapment*, Trans. ASAE.